

SISTEM RAMALAN LUAS KAWASAN YANG TERBAKAR SEMASA KEBAKARAN HUTAN BERASASKAN SISTEM INFERENS KABUR YANG BERASASKAN DATA

LAKXHANA A/P SELVA RAJAH
KERK YI WEN

*Fakulti Teknologi & Sains Maklumat 43600 Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

ABSTRAK

Projek ini bertujuan untuk membangunkan sistem berasaskan web, sistem inferens fuzzy berasaskan data menggunakan set data kebakaran hutan daripada *UC Irvine Machine Learning Repository*. Ramalan luas kawasan yang terbakar merupakan salah satu perkara yang penting untuk pengurusan kebakaran hutan yang cekap, pengagihan sumber dan tindak balas terhadap bencana. Keupayaan untuk membuat ramalan sejauh mana kebakaran boleh merebak boleh membantu pihak berkuasa untuk membuat keputusan yang lebih bijak, mengagihkan sumber dengan lebih berkesan dan mengurangkan kerosakan alam sekitar serta kerugian ekonomi. Pelbagai model dan algoritma telah dibangunkan untuk ramalan luas kawasan terbakar semasa kebakaran hutan tetapi masih belum wujud satu sistem berasaskan web yang boleh diakses secara umum yang menggabungkan pendekatan sistem inferens kabur berasaskan data. Oleh itu, projek ini mencadangkan penggunaan satu sistem kabur berasaskan data yang mampu mengekstrak peraturan jika-maka secara automatik daripada data empirikal. Peraturan ini membolehkan sistem menyesuaikan diri dengan kerumitan dunia sebenar dan variabiliti persekitaran. Peraturan ini juga mudah difahami oleh manusia. Oleh hal yang demikian, sistem ini sangat mudah untuk ditafsir, membolehkan pengguna memahami bagaimana pemboleh ubah input seperti suhu, kelajuan angin, dan kelembapan menyumbang kepada hasil ramalan. Selain daripada itu, tumpuan utama juga diberikan kepada antara muka pengguna. Salah satu objektif utama projek ini adalah untuk menyediakan satu platform berasaskan web yang mesra pengguna di mana pengguna boleh memasukkan pemboleh ubah persekitaran yang relevan dan menerima bukan sahaja anggaran keluasan terbakar, tetapi juga penjelasan tentang peraturan kabur yang membawa kepada keputusan tersebut. Gabungan kebolehaksesan, kefahaman dan kaitan dunia sebenar menjadikan sistem ini satu alat yang berkuasa untuk penyelidikan dan juga penggunaan praktikal. Matlamat utama projek ini adalah untuk merapatkan jurang tersebut dengan menawarkan satu antara muka berasaskan web yang bukan sahaja melakukan ramalan, tetapi juga membentangkan hasil dalam cara yang boleh difahami dan interaktif.

ABSTRACT

This project aims to develop a web based, data-driven fuzzy system to predict the burned area during forest fires using the UC Irvine Forest Fire dataset. Predicting the burned area is crucial for efficient forest fire management, resource allocation, and disaster response. The ability to estimate the potential extent of a fire helps authorities make informed decisions, allocate resources effectively, and mitigate environmental and economic damage. While multiple models and algorithms have been developed for forest fire prediction, there is currently no publicly available, accessible web-based system that integrates a data driven fuzzy inference system for this specific task. Therefore, this project proposes a data-driven fuzzy inference system capable of automatically extracting if-then rules from empirical data. These rules enable the system to adapt to real-world complexities and environmental variability. They are human-readable, making the system highly interpretable, a key strength that allows users to understand how input variables such as temperature, wind speed, and humidity contribute to the predicted outcome. Beyond the prediction engine, a major focus is placed on the user interface. One of the project's main objectives is to deliver a user-friendly, web-based platform where users can input relevant environmental variables and receive not only the predicted burned area but also a breakdown of the fuzzy rules that led to the result. This combination of accessibility, interpretability, and real-world relevance positions the system as a powerful tool for both research and practical deployment. The goal of this project is to bridge that gap by offering a web-based interface that not only performs predictions but also presents results in an interpretable and interactive manner. This result reflects how various conditions, particularly high temperature, moderate dryness, and no rainfall, contribute to a greater predicted area burned during forest fires. The system's strength lies in producing not just a number, but a transparent reasoning trail showing how each input influenced the result. A graphical output is shown as well.

PENGENALAN

Kebakaran hutan merupakan salah satu ancaman yang serius terhadap ekosistem, keselamatan manusia serta ekonomi global. Dengan perubahan cuaca dan iklim yang tidak tertentu, kejadian kebakaran hutan menjadi lebih kerap dan sukar diramalkan. Oleh itu, sistem ramalan luas kawasan yang terbakar yang efektif dan mudah diakses diperlukan untuk membuat ramalan yang efisien.

Tiada sistem ramalan yang mudah diakses oleh pengguna awam atau pihak berkuasa untuk membuat ramalan luas kawasan yang terbakar. Oleh itu, hal ini menghadkan keupayaan untuk membuat keputusan segera semasa kejadian kebakaran.

Projek ini bertujuan untuk membangunkan satu sistem web yang mengintegrasikan teknik inferens kabur berdasarkan data berdasarkan data kebakaran hutan seperti yang diperolehi daripada Set Data Kebakaran Hutan UCI, untuk membuat ramalan luas kawasan terbakar semasa kebakaran hutan. Sistem sedemikian membolehkan pengguna memasukkan data persekitaran seperti suhu, kelembapan, dan kelajuan angin, serta menerima ramalan keluasan kawasan yang terbakar bersama penjelasan yang mudah difahami. Pendekatan ini telah dibuktikan keberkesannya dalam kajian "*Forest Fire Forecasting Using Fuzzy Logic Models*" oleh Nebot dan Mugica (Nebot & Mugica, 2021). Teknik inferens kabur digunakan dengan modal hibrid untuk meramalkan kawasan yang terbakar dalam kajian ini.

Dalam skop kajian ramalan luas kawasan terbakar semasa kebakaran hutan, cabaran utama yang dihadapi ialah ketidakpastian untuk meramalkan luas kawasan terbakar. Ramalan ini sering dipengaruhi oleh banyak pemboleh ubah seperti suhu, kelembapan, kelajuan angin, dan indeks kemarau, yang sering kali bersifat kompleks dan tidak linear (Hüllermeier, 2015).

Teknik inferens kabur berdasarkan data digunakan dalam projek ini kerana peraturan ini membolehkan sistem menyesuaikan diri dengan kerumitan dunia sebenar dan variabiliti persekitaran. Peraturan ini juga mudah difahami oleh manusia. Oleh hal yang demikian, sistem ini sangat mudah untuk ditafsir, membolehkan pengguna memahami bagaimana pemboleh ubah input seperti suhu, kelajuan angin, dan kelembapan menyumbang kepada hasil ramalan. Sistem ini menawarkan fleksibiliti pada faktor-faktor kebakaran hutan yang sentiasa berubah (Scarpato, et al. 2015). Selain itu, dengan menggunakan dataset berstruktur seperti Set Data

Kebakaran Hutan UCI, sistem ini dapat memanfaatkan data empirikal untuk menghasilkan ramalan yang lebih tepat (Cortez & Morais, 2007).

Setakat ini, tiada sistem web yang sepenuhnya mengintegrasikan teknik inferens kabur dengan matlamat khusus untuk meramalkan kawasan kebakaran hutan berdasarkan data persekitaran yang dinamik dan kompleks seperti set data UCI. Sistem berasaskan web ini juga berpotensi untuk mempermudah penggunaan dan memberi akses kepada ramalan luas kawasan yang terbakar semasa kebakaran hutan yang lebih tepat.

Tuntasnya, matlamat utama projek ini adalah untuk merapatkan jurang tersebut dengan menawarkan satu antara muka berasaskan web yang bukan sahaja melakukan ramalan, tetapi juga membentangkan hasil dalam cara yang boleh difahami dan interaktif.

METEDOLOGI KAJIAN

Projek ini menggunakan metodologi tangkas (*Agile methodology*) dalam proses pembangunan modal untuk membuat ramalan luas kawasan yang terbakar semasa kebakaran hutan. Metodologi ini dipilih kerana ia membantu mengurangkan risiko dalam pembangunan model dengan memindahkan aliran kerja ke dalam beberapa kitaran kecil. Kitaran ini dipanggil lelaran dan biasanya berlangsung dua hingga tiga minggu (CodeGym, 2024).

Metodologi tangkas memberi penekanan yang kuat pada pembangunan berulang, gelung maklum balas yang kerap, dan keupayaan untuk bertindak balas terhadap keperluan yang berubah-ubah (AhaSlides, 2024).

Oleh itu, metodologi ini merupakan salah satu metodologi yang paling efektif dan sesuai untuk projek ini.



Rajah 1: Metodologi tangkas (Agile Methodology)

Sumber: <https://www.nexapp.ca/en/blog/agile-software-development>

Metodologi ini terdiri daripada beberapa fasa iaitu:

1. Fasa Perancangan

Fasa perancangan merupakan fasa pertama yang paling penting untuk pembangunan sistem kabur berasaskan data ini. Dalam fasa ini, projek akan dimulakan dengan pemahaman yang menyeluruh tentang keperluan sistem ini. Fasa ini juga bertujuan untuk memastikan data yang dikumpul adalah sesuai untuk dianalisis. Keutamaan diberikan kepada kualiti data kerana ia memainkan peranan penting dalam menentukan ketepatan model. Di samping itu, sebarang maklumat yang tidak relevan, tidak lengkap, atau mengandungi kesalahan akan dikenalpasti dalam fasa ini (Mayo, 2022). Data yang dikumpul akan diwakili dalam bentuk yang sesuai, seperti jadual atau format lain yang mudah digunakan untuk analisis dan latihan model.

Selain itu, maklumat penting seperti jurnal, artikel, set data serta sistem yang berkaitan dengan projek telah dikenal pasti dalam fasa ini. Maklumat- maklumat yang diperolehi semasa kajian ini telah dianalisis untuk mendapat pandangan yang lebih pragmatik dan mendalam tentang projek ini. Kekangan projek, cadangan untuk menangani kekangan yang dihadapi, jadual pelaksanaan, skop kajian serta objektif projek telah pun dikenal pasti semasa fasa ini.

2. Fasa Analisis

Data yang dikumpul daripada fasa yang terdahulu akan diproses dan disediakan untuk digunakan dalam pembelajaran mesin. Langkah-langkah dalam fasa ini terdiri daripada pembersihan data yang dirangkumi oleh pelbagai proses seperti proses membuang data pendua,

membetulkan kesalahan data serta menangani nilai yang hilang (Mayo, 2022). Selain itu, data perlu ditukar kepada format yang sesuai dengan jenis algoritma yang akan digunakan dalam model. Data akan dibahagikan kepada dua set utama iaitu set latihan dan set penilaian. Pembahagian data ini penting untuk memastikan model dilatih dengan sebahagian daripada data, sementara sebahagian lagi digunakan untuk menguji prestasi model.

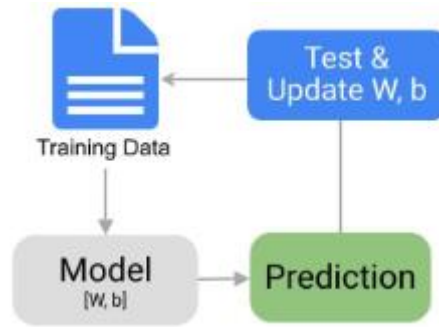
Selain itu, analisis spesifikasi perisian bagi pembangunan sistem telah dijalankan untuk memastikan perisian yang sedia ada sesuai untuk membangunkan model ini.

3. Fasa Reka Bentuk

Fasa ini merupakan salah satu fasa yang paling penting dalam keseluruhan projek. Hal ini dikatakan demikian kerana fasa ini menentukan reka bentuk senibina, bentuk algoritma serta antara muka projek ini. Model-model seperti rajah kelas, rajah hubungan entiti dan carta alir sistem dilukis dan dinilai semasa fasa ini. Semasa fasa ini, algoritma yang sesuai dipilih untuk melatih serta memproses data yang dipilih. Dalam konteks sistem inferens fuzzy, model TSK (Takagi-Sugeno-Kang) digunakan untuk meramalkan luas kawasan yang terjejas oleh kebakaran hutan. Model TSK menggunakan pendekatan fuzzy untuk memetakan hubungan antara input seperti suhu, kelembapan, dan kelajuan angin dengan keluaran yang diinginkan, iaitu luas kawasan yang terbakar.

4. Fasa Pembangunan

Berdasarkan reka bentuk yang dipersetujui semasa fasa yang lepas, sistem yang sesuai untuk meramalkan luas kawasan yang terbakar semasa kebakaran hutan telah dibangunkan. Dalam fasa ini, sistem kabur berasaskan data akan digunakan untuk membangunkan sistem ini. Bahasa pengaturcaraan seperti Python, HTML, CSS, Javascript, PHP telah digunakan untuk membangunkan model serta laman web ini.



Rajah 2: Proses Latihan Model

Sumber: towardsdatascience.com/the-7-steps-of-machine-learning-2877d7e5548e

Dalam fasa ini, model juga dilatihkan untuk memahami pola antara ciri-ciri data seperti suhu, kelembapan, dan kelajuan angin dan outputnya iaitu luas kawasan yang terbakar semasa kebakaran hutan. Proses ini akan diulang untuk mengurangkan kesalahan ramalan dan meningkatkan ketepatan model dalam membuat ramalan (Yufeng, 2017).

Selain itu, fasa ini juga merupakan fasa yang penting untuk memastikan sistem memenuhi spesifikasi-spesifikasi yang ditentukan.

5. Fasa Pengujian

Fasa pengujian telah dilakukan selepas fasa pembangunan untuk memastikan sistem yang dibangunkan berfungsi dengan baik. Dalam fasa ini, sistem ini diuji dengan pelbagai teknik tertentu untuk memastikan sistem ini memenuhi fungsi serta objek yang ditentukan semasa fasa perancangan. Dalam fasa ini, sistem akan menghasilkan output yang berkaitan dengan input baru, seperti meramalkan kawasan yang terjejas dalam kebakaran hutan berdasarkan parameter seperti suhu, kelembapan, dan kelajuan angin. Keputusan yang diperolehi akan digunakan untuk membuat ramalan yang lebih tepat untuk mengurangkan risiko kebakaran hutan.

6. Fasa Pelaksanaan dan Maklum Balas

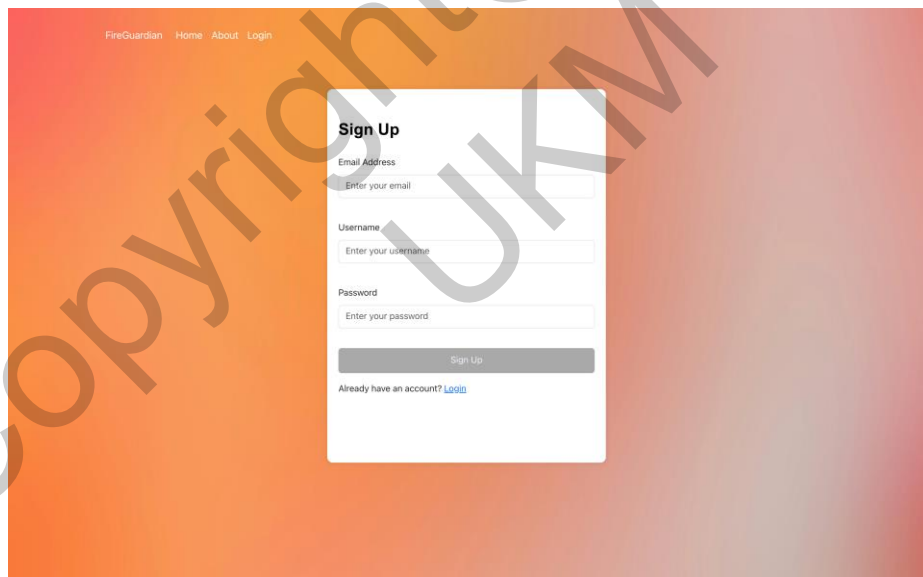
Dalam fasa terakhir ini, sistem telah diguna dan diuji oleh pihak-pihak ataupun pengguna yang tertentu untuk mengenal pasti ralat ataupun kekurangan sistem. Maklum balas daripada pengguna telah dikumpul dan dianalisis untuk menambahbaik sistem sedia ada. Berdasarkan maklum balas yang dipilih dan dianalisis, dokumen spesifikasi telah diubahsuaikan untuk

mencapai kriteria tertentu. Pusingan yang baru untuk pembangunan sistem dan pengujian sistem dijalankan sehingga sistem memenuhi keperluan pengguna (CodeGym, 2024).

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

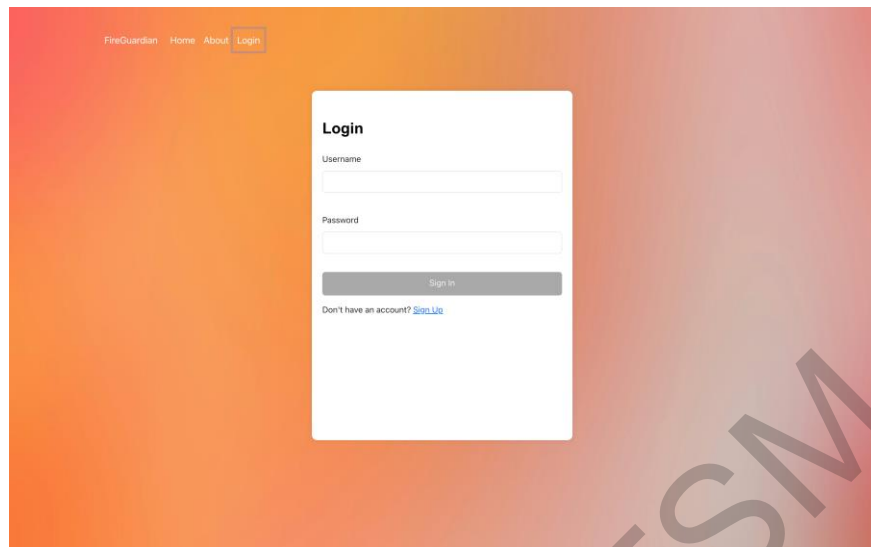
Sistem luas kawasan yang terbakar semasa kebakaran hutan ini telah berjaya dibangunkan dan semua dokumentasinya telah dilengkapkan. Semasa proses pembangunan, sistem ini dibangunkan mengikut keperluan dan reka bentuk fungsian yang telah ditentukan. Python, JavaScript, PHP, HTML merupakan bahasa pengaturcaraan yang digunakan untuk membangunkan sistem ini. Selain itu, data aliran sistem dikendalikan dan disimpan dalam pangkalan data XAMPP.

Bagi menggunakan sistem ini sepenuhnya pengguna perlu mendaftar terlebih dahulu. Sistem ramalan ini tidak boleh dicapai oleh mereka yang tidak mendaftar. Rajah 3 menunjukkan antara muka mendaftar masuk ke sistem

The image shows a web application interface with an orange-to-red gradient background. At the top left, there is a navigation bar with the text 'FireGuardian Home About Login'. In the center, there is a white rectangular box containing a 'Sign Up' form. The form has three input fields: 'Email Address' with the placeholder text 'Enter your email', 'Username' with the placeholder text 'Enter your username', and 'Password' with the placeholder text 'Enter your password'. Below these fields is a grey button labeled 'Sign Up'. At the bottom of the form, there is a link that says 'Already have an account? Login'. A large, diagonal watermark reading 'Copyright@FTSM@UKM' is overlaid across the entire image.

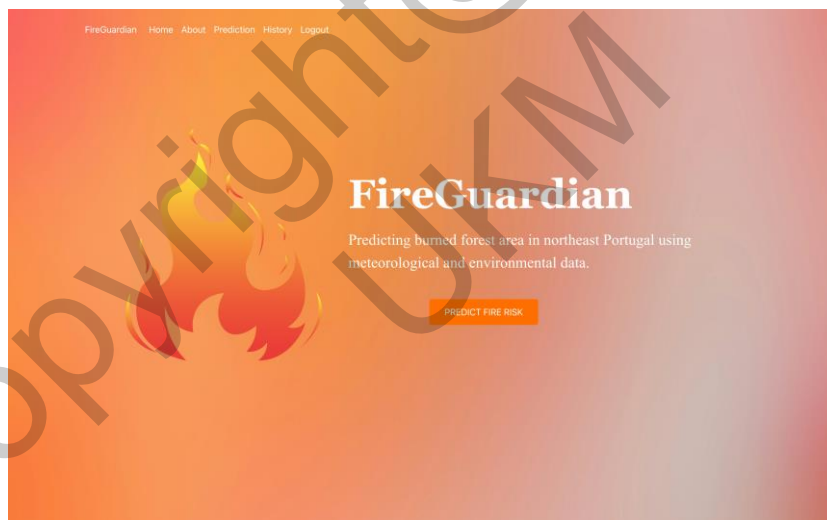
Rajah 3: Antara Muka Pendaftaran

Apabila pengguna telah mendaftar akaun, mereka perlu menekan butang Login dan antara muka Login akan dipaparkan. Pengguna hanya perlu memasukkan username dan kata laluan yang telah digunakan semasa pendaftaran. Sistem akan mengesahkan pengguna dan membawa pengguna kepada halaman utama sistem selepas pengguna telah log masuk ke sistem.



Rajah 3: Antara Muka Log Masuk

Di halaman utama sistem ini, pengguna diberikan pilihan untuk bernavigasi ke beberapa halaman penting iaitu antara muka untuk membuat ramalan, antara muka sejarah ramalan yang dibuat dan antara muka log keluar.



Rajah 4: Antara Muka Laman Utama

Halaman ramalan pula digunakan untuk mendapatkan input daripada pengguna untuk membuat ramalan. Pengguna boleh membuat ramalan dengan menekan butang “EVALUATE” dan Antara Muka Output akan dipaparkan selepas ramalan dibuat.

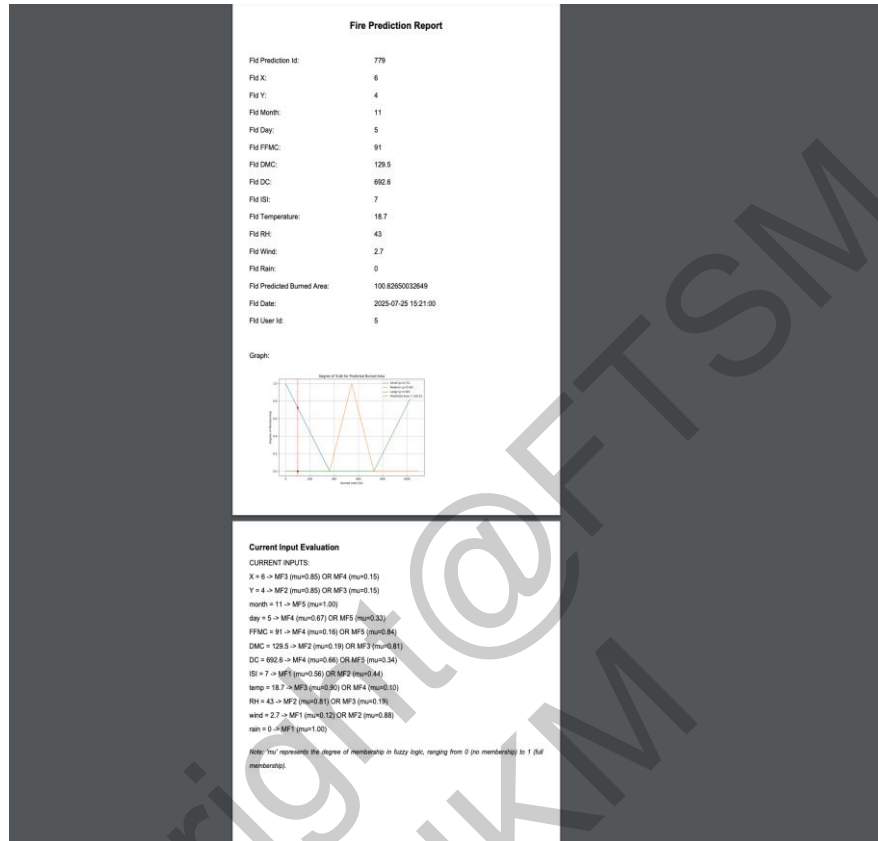
Rajah 5: Antara Muka untuk Membuat Ramalan

Antara Muka Output Ramalan, memaparkan output yang dihasilkan oleh sistem. Ramalan Luas Kawasan yang terbakar serta graf akan dipaparkan. Untuk memuat turun fail laporan ke peranti, pengguna boleh menekan butang “EXPORT FILE”.



Rajah 6: Antara Muka Output Ramalan

Antara Muka Laporan Ramalan memaparkan hasil ramalan serta graf ramalan serta input yang dimasukkan oleh pengguna dan hasil luas kawasan yang terbakar semasa kebakaran hutan. Laporan ini boleh dimuat turun ke peranti Pengguna.



Rajah 7: Antara Muka Laporan Ramalan

Antara Muka Laporan Ramalan memaparkan hasil ramalan serta graf ramalan serta input yang dimasukkan oleh pengguna dan hasil luas kawasan yang terbakar semasa kebakaran hutan. Laporan ini boleh dimuat turun ke peranti Pengguna.

No	Date Generated	Prediction ID	Predicted Burned Area	Report
1	2025-07-25 15:21:00	779	100.62650032649	Download
2	2025-07-25 06:34:00	778	100.62650032649	Download
3	2025-06-24 06:17:00	772	100.62650032649	Download
4	2025-06-23 01:46:00	771	100.62650032649	Download
5	2025-06-23 01:15:00	770	100.62650032649	Download
6	2025-06-18 06:42:00	766	100.62650032649	Not Available
7	2025-06-17 04:08:00	765	7.6648292039791	Not Available

Rajah 8: Antara Muka Sejarah Ramalan

Pengujian Kebolehgunaan

Pengujian kebolehgunaan ialah satu proses yang melibatkan pengujian akhir yang dilaksanakan oleh wakil pengguna untuk memastikan Sistem Ramalan Luas Kawasan yang Terbakar semasa Kebakaran Hutan menyediakan fungsi yang diperlukan mengikut kehendak projek. Tujuan pengujian kebolehgunaan adalah untuk menilai kebolehgunaan dan ketersediaan sistem. Jadual 1 menunjukkan hasil pengujian kebolehgunaan.

ID Fungsi	Penerangan Fungsi	Hasil Jangkaan	Status Pengujian
KG1	Daftar Masuk ke Sistem	Pengguna berjaya membuat akaun.	Berjaya
KG2	Log Masuk ke Sistem	Pengguna berjaya log masuk ke sistem.	Berjaya
KG3	Membuat Ramalan	Pengguna berjaya membuat ramalan dengan memasukkan input penting.	Berjaya
KG4	Lihat Hasil Ramalan	Pengguna dapat melihat hasil ramalan yang dihasilkan oleh sistem.	Berjaya
KG5	Muat Turun Fail Hasil Ramalan	Pengguna berjaya memuat turun laporan hasil ramalan ke peranti.	Berjaya
KG6	Melihat Sejarah Ramalan	Pengguna berjaya melihat sejarah ramalan yang pernah dibuat oleh pengguna sebelum ini.	Berjaya
KG7	Log Keluar daripada Sistem	Pengguna berjaya log keluar ke sistem.	Berjaya

Jadual 1: Hasil Pengujian Kebolehgunaan

Cadangan Penambahbaikan

Untuk masa hadapan, beberapa penambahbaikan boleh dilakukan seperti meningkatkan kualiti dan liputan data, memperhaluskan peraturan kabur dan menambah ciri tambahan seperti menyediakan peta interaktif serta pengesanan masa nyata. Peta ini boleh diintegrasikan menggunakan GIS (*Geographic Information System*) ataupun API peta seperti *Google Maps*. Dengan adanya peta, sistem ini bukan sahaja memberikan ramalan angka tetapi juga visualisasi kawasan, dan menjadikannya lebih mesra pengguna dan bermanfaat untuk pengurusan kecemasan.

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya sistem ini telah berjaya dibangunkan dengan menggunakan data yang telah dikaji dan diperolehi. Objektif kajian dan keperluan yang telah ditetapkan sebelum ini telah berjaya dicapai. Walaupun terdapat beberapa halangan, ia berjaya diatasi dengan menggunakan pelbagai cara. Diharapkan sistem ramalan ini dijadikan titik kajian untuk kajian lain pada masa hadapan.

Kekuatan Sistem

Sistem ini menggunakan data sebenar dari *UC Irvine Machine Learning Repository* yang meningkatkan kebolehpercayaan dan ketepatan ramalan kerana ia berdasarkan corak sebenar kebakaran hutan. Selain itu, sistem kabur dapat menangani ketidakpastian dan masalah yang kompleks seperti kebakaran hutan. Peraturan jika-maka yang dihasilkan mudah difahami oleh manusia, menjadikan sistem ini telus. Sistem berasaskan web boleh diakses oleh pelbagai pihak dengan mudah dan antara muka mesra pengguna membantu pengguna memasukkan data dan memahami hasil ramalan dengan mudah. Sistem ini bukan sahaja meramal luas kawasan yang terbakar tetapi menerangkan logik peraturan kabur yang digunakan. Sistem ini juga mempertimbangkan senario dunia sebenar dan boleh digunakan oleh agensi pengurusan bencana, pelajar, penyelidik dan komuniti setempat.

Kelemahan Sistem

Kelemahan sistem ini adalah sistem ini hanya menggunakan satu set data yang mungkin tidak mewakili semua keadaan kebakaran hutan dengan sepenuhnya, terutamanya di negara atau

lokasi lain. Selain itu, sistem ini tidak menggabungkan data masa nyata seperti cuaca langsung atau data satelit, hal ini mengehadkan kegunaan sistem untuk situasi yang memerlukan ramalan segera atau pengawasan berterusan. Setakat ini, sistem tidak memaparkan keputusan secara visual di atas peta dan ini menjadikan pengguna lebih sukar untuk melihat lokasi atau keluasan kawasan berisiko secara intuitif.

PENGHARGAAN

Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih kepada semua yang telah memberikan sokongan dan batuan dalam menjayakan projek tahun akhir ini.

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada penyelia projek saya yang dihormati, Dr. Kerk Yi Wen, yang telah memberi bimbingan, nasihat, dan dorongan sepanjang proses penyelidikan, pembangunan dan penulisan projek ini. Sokongan daripada pihak fakulti sangat membantu dalam merealisasikan penyelidikan ini.

Terima kasih kepada keluarga saya dan juga rakan-rakan saya yang telah bersama-sama membantu, menyokong dan berkongsi ilmu sepanjang tempoh pengajian ini. Tanpa bantuan dan sokongan kalian, projek ini tidak akan dapat disiapkan dengan jayanya.

Sekian, terima kasih.

RUJUKAN

- AhaSlides. (2024). Metodologi tangkas. AhaSlides. Retrieved December 11, 2024, from <https://ahaslides.com/ms/project-management/agile-methodology/>
- CodeGym. (2024). Metodologi pembangunan tangkas - Tangkas. CodeGym. Retrieved December 11, 2024, from <https://codegym.cc/ms/quests/lectures/ms.questservlets.level15.lecture02>
- Mayo, M. (2022, October 19). Frameworks for Approaching the Machine Learning Process. KDnuggets. Retrieved December 19, 2024, from <https://www.kdnuggets.com/2018/05/general-approaches-machine-learning-process.html>
- Yufeng, G. (2017, September 1). The 7 Steps of Machine Learning. Medium. Retrieved December 19, 2024, from <https://towardsdatascience.com/the-7-steps-of-machine-learning-2877d7e5548e>